หัวข้อวิจัย การใช้ประโยชน์จากพืชในการบำบัดเบนซีนในอากาศ
ผู้ดำเนินการวิจัย ดร.ปารินดา สุขสบาย
ที่ปรึกษา รศ.ดร.ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ
หน่วยงาน หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
พ.ศ. 2556

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนในอากาศด้วยใบพืช ทั้งหมด 18 ชนิด ได้แก่ ใบเสน่ห์จันทร์แดง ใบมะกรูด ใบตอง ใบมะม่วง ใบสน ใบอินทนิน ใบตะแบก ใบขี้เหล็ก ใบเฟื่องฟ้า ใบตำลึง ใบสาวน้อยประแป้ง ใบผีเสื้อ ใบอโศก ใบโพธิ์ ใบหน้าวัว ใบประดู่ ใบตีนเป็ด และ ใบปลงทะเล และศึกษาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการดูดซับเบนซีนกับปริมาณแว๊กซ์ในใบพืช โดยการศึกษาการดูดซับเบนซีนด้วยใบพืชแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองแบบกะ (batch) และการทดลองในระบบต่อเนื่อง

สำหรับการทดลองแบบกะ จะทำการทดลองใน นำมาใส่โหลสุญญากาศ ที่มีปริมาตร 15.6 ลิตร โดยฉีดเบนซีนเริ่มต้น 20 ppm เข้าไปในระบบ โดยมีระยะเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่าพืช 5 ชนิด ได้แก่ *A. scholaris* (ใบตีนเป็ด) *D. picta* (ใบสาวน้อยประแป้ง) *F. religiosa*(ใบโพธิ์) *L. macrocarpa* (ใบอินทนิน) และ *A. aureum* (ใบปลงทะเล) มีประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนค่อนข้างสูง โดย *A. scholaris* มีประสิทธิภาพการดูดซับเบนซีนเข้าไปในใบสูงถึง 20.57±1.62 μmole/g of adsorbent จึงได้นำใบพืชทั้ง 5 ชนิดไปทำการทดลองต่อในระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง (คอลัมน์) โดยใช้ตัวดูดซับ 15 กรัม และความเข้มข้นของเบนซีนเริ่มต้นที่ป้อนเข้าไป 55 ppm ระยะเวลาการกักเก็บ 3 นาที ซึ่งผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนของ *D. picta, A. aureum*, *A. scholaris* มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงประมาณ ร้อยละ 67.61-85.43, 59.81-87.22 และ 63.29-86.26 ของการทดลองชั่วโมงที่ 6-84 ตามลำดับ ส่วน *L. macrocarpa* และ *F. religiosa* มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 44.83-74.28 และ 45.02-76.65 ตามลำดับ และใบพืชเหล่านี้มีศักยภาพในการดูดซับเต็มที่ 132 ชั่วโมง และจากผลการแยกชะด้วยเฮกเซนและผลของ FTIR ของใบพืชก่อนและหลังดูดซับยืนยันได้ว่ามีกลไกการดูดซับแบบกายภาพ นอกจากนี้ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการดูดซับเบนซีนต่อปริมาณแว๊กซ์ในใบพืช พบว่าปริมาณแว๊กซ์ (wax) ที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ใบพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามใบพืชบางชนิดมีปริมาณแว๊กซ์สูง แต่ให้ประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนต่ำกว่าพืชที่มีปริมาณแว๊กซ์ต่ำกว่า ดังนั้นปริมาณแว๊กซ์ในใบพืชน่าจะเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนในใบพืช แต่อาจจะมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย

Research Title: Using plants for benzene removal from indoor air
Researcher: Dr. Parinda Suksabye
Research Consultant: Asso. Prof. Dr. Paitip Thiravetyan
Organization : Urban and Industrial Environmental Management Program,
Faculty of Science and Technology,
Suan Dusit Rajabhat University
Year: 2013

The objective of this research is to study the benzene adsorption efficiency by plant leaf and study the relation between benzene uptake and quantity of wax in each plant species. The total of plants leave are 18 species such as *H. rubescens*, *C. hystrix*, *M. paradisiacal*, *M. indica*, *C. macrolepis*, *L. macrocarpa*, *C. odorata*, *C. siamea*, *B. villea*, *C. grandis*, *D. picta*, *A. atlas*, *P. longifolia*, *F.religiosa*, *A. andraeanum*, *P. indicus*, *Scholaris and A. aureum*. The experiment has two steps, batch and continuous system.

For batch experiment, 18 plants leaves were ground and placed in the vacuum containing with initial benzene of 20 ppm for 3 days . The results showed that *A. scholaris, D. picta, F. religiosa, L. macrocarpa, and A. aureum* have high potential benzene adsorption. *A. scholaris* has the highest benzene adsorption (20.57±1.62 μmole/g of adsorbent). Therefore, these plants leaves were selected to continuous system experiment. In continuous system, 15 g of plants leaves were immobilized on glass bed and used to uptake initial benzene of 55 ppm in 3 minutes retention times. The results found that *D. picta, A. aureum* , *A. scholaris* have high benzene removal efficiency of 67.61- 85.43% , 59.81-87.225 and 63.29-86.26% (for 6-84 hours), respectively. Whereas, *L. macrocarpa* และ *F. religiosa have* 44.83-74.28 and 45.02-76.65 of benzene removal efficiency, respectively. Most of plants leaves had limit capacity for benzene adsorption within 132 hours. The physical adsorption mechanism of benzene on plants leaves was confirmed by desorption and FTIR. In addition, High wax biomaterial showed high benzene removal efficiency. However, low benzene removal was appeared in some plants leaves that contain high quantity of wax. Therefore, it indicated that quantity of wax in plants leaves are one factor to relate the benzene removal efficiency. It may be the others factors effects to benzene removal efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัย และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การประสานงานแก่โครงการทำให้โครงการวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ และขอขอบคุณ รศ.ดร.ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติ Remediation สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองรวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ Remediation ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดร. ปารินดา สุขสบาย

2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
มลพิษทางอากาศภายในอาคาร	3
ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	4
เบนซีน	5
มาตรฐานเบนซีนในบรรยากาศ	6
ผลกระทบของเบนซีนต่อสุขภาพ	10
วิธีการบำบัดอากาศ	11
การบำบัดสิ่งแวดล้อมโดยพืช	12
การบำบัดสิ่งแวดล้อมโดยพืช	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
กรอบแนวคิดของการวิจัย	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	22
การเตรียมตัวดูดซับจากใบพืช	23
การเตรียมเบนซีนในการทดลอง	23

การคัดกรองใบพืชเพื่อเป็นตัวดูดซับเบนซีนในระบบกะ 24
การวิเคราะห์เบนซีนด้วย GC 24
การวัดปริมาณแว็กซ์ 26
การเตรียมตัวดูดซับเพื่อใช้บำบัดเบนซีนในระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง 27
ระบบบำบัดเบนซีนด้วยใบพืชแบบต่อเนื่อง 28
การแยกชะเบนซีนจากตัวดูดซับด้วยเฮกเซน 29
การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชั่นบนตัวดูดซับด้วย FTIR 29
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 30

บทที่ 4 ผลการวิจัย 31
การคัดกรองใบพืชเพื่อเป็นตัวดูดซับในการบำบัดเบนซีน 31
การดูดซับเบนซีนในระบบต่อเนื่องด้วยใบพืช 33
กลไกการดูดซับด้วยใบพืช 39
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแวกซ์กับประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบพืช 39

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 45
สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล 45
ข้อเสนอแนะ 46

บรรณานุกรม 47
บรรณานุกรมภาษาไทย 47
บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ 47

ภาคผนวก ก. 50

ประวัติผู้วิจัย 60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารมลพิษเป็นแหล่งสำคัญในอาคาร 3
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเบนซีน 6
2.3 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเบนซีนในน้ำดื่ม อากาศทั่วไป และพื้นที่ปฏิบัติงาน 6
2.4 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเบนซีนในอากาศทั่วไปของแต่ละประเทศ 7
2.5 มาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปของแต่ละประเทศเป็นเวลา 1 ปี 7
2.6 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเบนซีนในอากาศทั่วไปของแต่ละประเทศ 8
2.7 ค่าการเรืองแสงของ c^{14}-benzene และปริมาณคิวติเคิล ในใบไม้อ่อนและแก่ 16
2.8 ค่าการเรืองแสงของ c^{14}-benzene เมตาบอไลน์จำแนกตามชนิดของสารที่แยกด้วย HPLC 16
2.7 ค่าการเรืองแสงของ c^{14}-benzene และปริมาณคิวติเคิล ในใบไม้อ่อนและแก่ 16
3.1 ชนิดของใบพืชที่ใช้ในการทดลอง 23
4.1 การบำบัดเบนซีนของพืชทั้ง 18 ชนิดภายในระบบการทดลองแบบกะ 31
4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนของพืชทั้ง 18 ชนิดภายในระบบการทดลองแบบกะ 32
4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบตีนเป็ด 34
4.4 ประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบอินทนิน 35
4.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบสาวน้อยประแป้ง 36
4.6 ประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบปรงทะเล 37
4.7 ประสิทธิภาพในการบำบัดเบนซีนของใบโพธิ์ 38
4.8 ประสิทธิภาพการแยกชะของเบนซีนจากใบไม้ 39
4.8 ความสัมพันธ์ของน้ำหนัก wax ต่อประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนของใบพืช 44

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างทางเคมีของเบนซีน 5
2.2 ความเข้มข้นเบนซีนบริเวณพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมม IRPC จ.ระยอง 9
2.3 ความเข้มข้นเบนซีนในบรรยากาศทั่วไปในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 9
2.4 ความเข้มข้นเบนซีนในบรรยากาศทั่วไปในพื้นที่จังหวัดต่างๆ 10
2.5 กลไกการทำงานของ phytoextraction 13
2.6 ความสัมพันธ์แบบระฆังคว่ำระหว่างค่า $\log K_{OW}$ กับการเคลื่อนที่ของสารในต้นไม้ 13
2.7 พืชที่มีประสิทธิภาพสูงจาการคัดกรองในการทดลอง 18
2.8 สัดส่วนการเรืองแสงของ c^{14}-benzene บนใบไม้แต่ละชนิดทั้งในด้านหน้าและหลังใบ 19
2.9 กลไกการทำงานของเอนไซม์ P450 โมโนออกวิจีเนส 19
2.10 กลไกการย่อยสลายเบนซีนภายในต้นพืช 20
2.11 กรอบแนวคิดของการวิจัย 21
3.1 การทดลองในระบบกะโดยทำในโหลสุญญากาศ 25
3.2 เครื่อง GC (Gas Chromatography) สำหรับวัดปริมาณเบนซีน 26
3.3 วิธีการสกัดแว็กซ์ 27
3.4 ตัวอย่างของใบไม้ที่ใช้ในการทดลองในระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง 27
3.5 ระบบดูดซับแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการศึกษา (จำลอง) 28
3.6 ระบบดูดซับแบบต่อเนื่องที่ใช้ในการศึกษา (ภาพจริง) 29
4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดเบนซีนด้วยใบพืชชนิดต่างๆในการบำบัดแบบต่อเนื่อง 39
4.2 FTIR ของใบพืชชนิดต่งๆก่อนและหลังดูดซับ 42